


(19)  **Europäisches Patentamt**
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 076 727 B1**

(12) **EUROPEAN PATENT SPECIFICATION**

(45) Date of publication and mention
of the grant of the patent:
01.06.2005 Bulletin 2005/22

(51) Int Cl.7: **C23C 4/02, C23C 28/00**

(86) International application number:
PCT/US1999/004339

(21) Application number: **99908549.1**

(87) International publication number:
WO 1999/043861 (02.09.1999 Gazette 1999/35)

(22) Date of filing: **26.02.1999**

(54) **MULTILAYER BOND COAT FOR A THERMAL BARRIER COATING SYSTEM AND PROCESS THEREFOR**

MEHRSCHICHTIGE HAFTBESCHICHTUNG FÜR WÄRMEDÄMMSCHICHT UND VERFAHREN DAZU

REVETEMENT DE LIAISON MULTICOUCHE POUR SYSTEME DE REVETEMENT A BARRIERE THERMIQUE ET PROCEDE Y RELATIF

(84) Designated Contracting States:
CH DE FR GB IT LI SE

(74) Representative: **Szary, Anne Catherine, Dr. et al**
London Patent Operation
General Electric International, Inc.
15 John Adam Street
London WC2N 6LU (GB)

(30) Priority: **28.02.1998 US 76391 P**
26.02.1999 US 259649

(43) Date of publication of application:
21.02.2001 Bulletin 2001/08

(56) References cited:
EP-A- 0 532 255 EP-A- 0 814 178
US-A- 4 095 003 US-A- 5 579 534

(73) Proprietor: **GENERAL ELECTRIC COMPANY**
Schenectady, NY 12345 (US)

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 040 (C-1155), 21 January 1994 & JP 05 263212 A (TOSHIBA CORP), 12 October 1993**

(72) Inventor: **Zheng, Xiaoci**
Clifton Park, NY 12065 (US)

Note: Within nine months from the publication of the mention of the grant of the European patent, any person may give notice to the European Patent Office of opposition to the European patent granted. Notice of opposition shall be filed in a written reasoned statement. It shall not be deemed to have been filed until the opposition fee has been paid. (Art. 99(1) European Patent Convention).

Description

BACKGROUND OF THE INVENTION

5 **[0001]** The present invention relates to protective coatings for components exposed to high temperatures, such as components of a gas turbine engine. More particularly, this invention is directed to a process for forming a bond coat of a thermal barrier coating system, and specifically a dense multilayer bond coat having a desirable level of surface roughness to promote mechanical interlocking between the bond coat and a thermal barrier coating deposited on the bond coat.

10 **[0002]** The operating environment within a gas turbine engine is both thermally and chemically hostile. Significant advances in high temperature alloys have been achieved through the formulation of iron, nickel and cobalt-base superalloys though components formed from such alloys often cannot withstand long service exposures if located in certain high-temperature sections of a gas turbine engine, such as the turbine, combustor or augmentor. Examples of such components include buckets and nozzles in the turbine section of a gas turbine engine. A common solution is to protect the surfaces of such components with an environmental coating system, such as an aluminide coating, an overlay coating or a thermal barrier coating (TBC) system. The latter includes a layer of thermal-insulating ceramic (thermal barrier coating, or TBC) adhered to the superalloy substrate with an environmentally-resistant bond coat.

15 **[0003]** Metal oxides, such as zirconia (ZrO_2) that is partially or fully stabilized by yttria (Y_2O_3), magnesia (MgO) or another oxide, have been widely employed as the material for the thermal-insulating ceramic layer. The ceramic layer is typically deposited by air plasma spray (APS), vacuum plasma spray (VPS) (also called low pressure plasma spray (LPPS)), or a physical vapor deposition (PVD) technique, such as electron beam physical vapor deposition (EBPVD) which yields a strain-tolerant columnar grain structure. APS is often preferred over other deposition processes because of low equipment cost and ease of application and masking. Notably, the adhesion mechanism for plasma-sprayed ceramic layers is by mechanical interlocking with a bond coat having a relatively rough surface, preferably about 350 microinches to about 750 microinches (about 9 to about 19 μm) Ra.

20 **[0004]** Bond coats are typically formed from an oxidation-resistant alloy such as $MCrAlY$ where M is iron, cobalt and/or nickel, or from a diffusion aluminide or platinum aluminide that forms an oxidation-resistant intermetallic, or a combination of both. Bond coats formed from such compositions protect the underlying superalloy substrate by forming an oxidation barrier for the underlying superalloy substrate. In particular, the aluminum content of these bond coat materials provides for the slow growth of a dense adherent aluminum oxide layer (alumina scale) at elevated temperatures. This oxide scale protects the bond coat from oxidation and enhances bonding between the ceramic layer and bond coat.

30 **[0005]** Aside from those formed by diffusion techniques and physical or chemical vapor deposition, bond coats are typically applied by thermal spraying, e.g., APS, VPS and high velocity oxy-fuel (HVOF) techniques, all of which entail deposition of the bond coat from a metal powder. The structure and physical properties of such bond coats are highly dependent on the process and equipment by which they are deposited. Little oxidation of the metal particles occurs during deposition by VPS methods, such that the resulting bond coats are dense and free of oxides, and therefore are protective at high temperatures (e.g., above 1000°C (about 1800°F)) because of their ability to grow a continuous protective oxide scale. Because of a relatively low heat capacity to melt the spray powder, VPS processes typically employ powders having a very fine particle size distribution, with the result that as-sprayed VPS bond coats are dense but have relatively smooth surfaces (typically 200 to 350 microinches (about 4 to about 9 μm) Ra). Consequently, plasma-sprayed ceramic layers do not adhere well to VPS bond coats.

40 **[0006]** In contrast, air plasma possesses a higher heat capacity in the presence of air. The higher heat capacity of the APS process enables the melting of relatively large particles, permitting the use of metal powders that yield bond coats having a rougher surface than is possible with VPS. The adhesion of a ceramic layer to an APS bond coat is enhanced by the rough APS bond coat surface, e.g., in the 350 to 750 microinch (about 9 to about 19 μm) Ra range suitable for plasma-sprayed ceramic layers. The particle size distribution of such powders is Gaussian as a result of the sieving process, and is typically broad in order to provide finer particles that fill the interstices between larger particles to reduce porosity. However, the finer particles are prone to oxidation during the spraying process, resulting in a bond coat having a very high oxide content. The low momentum possessed by the sprayed particles in the APS process also promotes porosity in the coating. Consequently, as-sprayed APS bond coats inherently contain relatively high levels of oxides and are more porous than are VPS bond coats, for example, exhibiting densities of greater than 95% of theoretical. Because of their higher level of oxides and porosity, APS bond coats are more prone to oxidation than are VPS bond coats.

50 **[0007]** Bond coats deposited by HVOF techniques are very sensitive to particle size distribution of the powder because of the relatively low spray temperature of the HVOF process. Accordingly, HVOF process parameters are adjusted to spray powders having a very narrow range of particle size distribution. To produce a bond coat having a surface roughness of at least 9 μm (350 microinches) Ra, a coarse powder must be used in an HVOF process. However, because coarse particles cannot typically be fully melted at suitable HVOF parameters, the resulting bond coat typically

exhibits relatively high porosity and poor bonding between sprayed particles. To produce a more dense bond coat using a HVOF process, a finer powder must typically be used, with the result that a thermal barrier coating does not adhere well to the bond coat due to the bond coat lacking surface features that provide micro-roughness.

[0008] In view of the above, it can be seen that, while bond coats deposited by various techniques have been successfully employed, each has advantages and disadvantages that must be considered for a given application. In particular, while APS processes readily yield a bond coat having adequate surface roughness to adhere a plasma-sprayed ceramic layer, porosity and the tendency for oxidation in such bond coats are drawbacks to the protection and adhesion they provide to the underlying substrate. Accordingly, what is needed is a process by which the surface roughness necessary for a plasma-sprayed ceramic layer can be achieved for a bond coat while also achieving reduced porosity and oxidation.

SUMMARY OF THE INVENTION

[0009] According to the present invention, there is provided a bond coat for a thermal barrier coating (TBC) system for components designed for use in a hostile thermal environment, such as turbine buckets and nozzles, combustor components, and augmentor components of a gas turbine engine. Also provided is a method of depositing the bond coat, which produces an adequate surface roughness for adhering a plasma-sprayed ceramic layer while also producing a bond coat that is sufficiently dense to inhibit diffusion of oxygen and other oxidizing agents to the component substrate. Consequently, bond coats produced by the method of this invention are protective and yield thermal barrier coating systems that are highly resistant to spallation.

[0010] The method generally entails forming a bond coat by depositing a first bond coat layer on a suitable substrate using a HVOF technique employing a first metallic powder having a maximum particle size of 55 micrometers, a suitable range being about 20 to 55 μm . The resulting bond coat layer has a surface roughness of about 200 to about 450 microinches (about 5 to about 11 μm) Ra. Prior to exposure to a high-temperature oxidizing environment, the first bond coat layer is heat treated in a vacuum or inert atmosphere to densify the first bond coat layer and diffusion bond the particles. A second bond coat layer is then deposited on the first bond coat layer by air plasma spraying a second metallic powder of particles having a size of from about 35 to about 110 micrometers. The particles are deposited to cause the second bond coat layer to have a porosity of less than 5% of theoretical density and a macro-surface roughness of about 450 to about 750 microinches (about 11 to about 19 μm) Ra. Prior to exposure to a high-temperature oxidizing environment, the first and second bond coat layers are heat treated in a vacuum or inert atmosphere to diffusion bond the second bond coat layer to the first bond coat layer. Thereafter, a thermal-insulating ceramic layer can be deposited that adheres to the bond coat through mechanical interlocking with the rough surface of the second bond coat layer.

[0011] According to this invention, the surface roughness of the resulting bi-layer bond coat is attributable to particles of the second metallic powder being incompletely melted during deposition, yielding a macro-surface roughness of at least about 11 μm (450 microinches) Ra. The finer particles of the second metallic powder fill the interstices between the larger particles to a degree sufficient to achieve a density of at least about 95% of theoretical. The finer particles of the second metallic powder also contribute to the micro-surface roughness of the bond coat, which has been determined to greatly enhance the adhesion of the thermal barrier coating when combined with the macro-surface roughness provided by the coarser particles.

[0012] From the above, it can be seen that the method of this invention produces a low-porosity bond coat having a surface roughness necessary for a plasma-sprayed ceramic layer of a thermal barrier coating system. Accordingly, bond coats produced by the present invention are able to adhere plasma-sprayed ceramic layers, such that the thermal barrier coating system exhibits a desirable level of spallation resistance while inhibiting oxidation of the underlying substrate.

[0013] Other objects and advantages of this invention will be better appreciated from the following detailed description.

DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0014]

Figure 1 schematically represents a thermal barrier coating system having a bi-layer bond coat deposited in accordance with this invention.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

[0015] The present invention is generally applicable to metal components that are protected from a thermally and

chemically hostile environment by a thermal barrier coating (TBC) system. Notable examples of such components include the high and low pressure turbine nozzles and blades, shrouds, combustor liners and augmentor hardware of gas turbine engines, and buckets of industrial turbine engines. While the advantages of this invention are particularly applicable to turbine engine components, the teachings of this invention are generally applicable to any component

on which a thermal barrier may be used to thermally insulate the component from its environment.

[0016] A partial cross-section of a turbine engine component 10 having a thermal barrier coating system 14 in accordance with this invention is represented in Figure 1. The coating system 14 is shown as including a thermal-insulating ceramic layer 18 bonded to a substrate 12 with a bi-layer bond coat 16. As is the situation with high temperature components of a turbine engine, the substrate 12 may be formed of an iron, nickel or cobalt-base superalloy, though it is foreseeable that other high temperature materials could be used. According to this invention, the ceramic layer 18 is deposited by plasma spraying techniques, such as air plasma spraying (APS) and vacuum plasma spraying (VPS), the latter of which is also known as low pressure plasma spraying (LPPS). A preferred material for the ceramic layer 18 is an yttria-stabilized zirconia (YSZ), though other ceramic materials could be used, including yttria, partially stabilized zirconia, or zirconia stabilized by other oxides, such as magnesia (MgO), ceria (CeO₂) or scandia (Sc₂O₃).

[0017] The bond coat 16 must be oxidation-resistant so as to protect the underlying substrate 12 from oxidation and to enable the plasma-sprayed ceramic layer 18 to more tenaciously adhere to the substrate 12. In addition, the bond coat 16 must be sufficiently dense to inhibit the diffusion of oxygen and other oxidizing agents to the substrate 12. Prior to or during deposition of the ceramic layer 18, an alumina (Al₂O₃) scale (not shown) may be formed on the surface of the bond coat 16 by exposure to elevated temperatures, providing a surface to which the ceramic layer 18 tenaciously adheres. For this purpose, the bond coat 16 preferably contains alumina- and/or chromia-formers, i.e., aluminum, chromium and their alloys and intermetallics. Preferred bond coat materials include MCrAl and MCrAlY, where M is iron, cobalt and/or nickel.

[0018] Finally, because the ceramic layer 18 is deposited by plasma spraying, the bond coat 16 must have a sufficiently rough surface, preferably at least 350 microinches (about 9 μm) Ra in order to mechanically interlock the ceramic layer 18 to the bond coat 16. The present invention produces the bond coat 16 to have sufficient density and surface roughness by depositing a first bond coat layer 16a using a high velocity oxy-fuel (HVOF) process and a relatively fine powder having a relatively narrow particle size distribution, followed by a second bond coat layer 16b deposited by air plasma spraying (APS) and using a coarser powder having a relatively broader particle size distribution. Notably, prior art HVOF bond coats are typically either too smooth to adequately adhere a plasma-sprayed bond coat, or have adequate surface roughness but at the expense of lower coating density and poor integrity, while prior art APS bond coats can be deposited to have adequate surface roughness but undesirably high porosity, e.g., less than 95% of theoretical density. By combining the bond coat layers 16a and 16b produced by the processes and powders of this invention, the present invention provides a dense multilayer bond coat 16 having desirable surface roughness, e.g., at least 9 μm (350 microinches) Ra.

[0019] As indicated above, the HVOF and APS processes of this invention require the use of two metal powders with different particle size distributions. At least the second bond coat layer 16b, and preferably both bond coat layers 16a and 16b, are formed of an oxide scale-forming metal composition, such as an aluminum-containing intermetallic, chromium-containing intermetallic, MCrAl, MCrAlY, or a combination thereof. A particularly suitable composition for both bond coat layers 16a and 16b has a nominal composition, in weight percent, of about 22% chromium, about 10% aluminum, about 1% yttrium, the balance nickel and incidental impurities. The HVOF bond coat layer 16a provides a very dense barrier to oxidation as a result of the fine powder having a narrow particle size distribution range, while the second layer 16b has a desirable micro-surface roughness and macro-surface roughness attributable to the finer and coarser particles, respectively, present in the powder used with the APS process. The resulting combination of micro- and macro-roughness has been found to promote the mechanical interlocking capability of the bond coat 16 with the subsequently-applied ceramic layer 18.

[0020] According to this invention, the powder for the HVOF process has a maximum particle size of about 55 μm. A preferred particle size distribution is, in weight percent, about 19% particles from 44 to 55 μm, about 42% particles from 31 to 44 μm, about 31% particles from 22 to 31 μm, and about 5% particles from 16 to 22 μm. Preferred parameters include a spray rate of about three to eight pounds (about 1.4 to 3.6 kg) per hour, a spray distance of about five to twelve inches (about 0.13 to 0.30 meter), a fuel gas mixture of oxygen, hydrogen and nitrogen, and a maximum surface temperature of about 350° F (about 175°C).

[0021] The powder for the APS process preferably has a particle size range of about 35 to 110 μm. A preferred particle size distribution is, in weight percent, about 5% particles from 75 to 90 μm, about 25% particles from 63 to 75 μm, about 50% particles from 53 to 63 μm, about 15% particles from 45 to 53 μm, and about 5% particles from 38 to 45 μm. Preferred parameters include a spray rate of about twenty to sixty grams per minute, a spray distance of about three to six inches (about 0.08 to 0.15 meter), and a current level of about 350 to 650 amps using a gas mixture of hydrogen and nitrogen.

[0022] According to this invention, a suitable thickness for the HVOF bond coat layer 16a is about 100 to about 300

micrometers. The HVOF process and powder described above produce a bond coat layer 16a having a surface roughness of about 200 to about 450 microinches (about 5 to about 11 μm) Ra and a density of at least about 99% of theoretical. Prior to exposure to a high-temperature oxidizing environment, the bond coat layer 16a is heat treated to diffusion bond the powder particles and densify the bond coat layer 16a. The heat treatment also preferably diffusion bonds the layer 16a to the substrate 12. A preferred treatment is a temperature of about 950°C to about 1150°C and a duration of about one to about six hours in a vacuum or inert atmosphere. The bond coat layer 16a is also preferably degreased to remove all dirt, grease and other potential contaminants.

[0023] The APS bond coat layer 16b is then deposited on the HVOF bond coat layer 16a using the above-described process and powder. The preferred APS powder described above contains a sufficient amount of coarser particles to produce an adequate surface macro-roughness for the bond coat 16, and a sufficient amount of finer particles to yield an adequate surface micro-roughness for adhesion of the ceramic layer 18 and also fill the interstices between the coarser particles to increase the density of the APS bond coat layer 16b. According to this invention, the resulting bond coat 16 has a surface roughness of about 350 microinches to about 750 microinches (about 9 to about 19 μm) Ra. Prior to exposure to a high-temperature oxidizing environment, the bond coat layer 16b is also subjected to a heat treatment sufficient to diffusion bond the APS bond coat layer 16b to the HVOF bond coat layer 16a. A preferred treatment is a temperature of about 950°C to about 1150°C and a duration of about one to about six hours in a vacuum or inert atmosphere, and yields a coating density of at least about 95% of theoretical (i.e., porosity of not more than 5%). A suitable thickness for the APS bond coat layer 16b is about 100 to about 300 micrometers.

[0024] During an investigation of this invention, bi-layer bond coats in accordance with this invention were comparatively tested against prior art VPS bond coats. The substrate material for all specimens was a nickel-base superalloy having a nominal composition, in weight percent, of 14 Cr, 9.5 Co, 3 Al, 4.9 Ti, 1.5 Mo, 3.8 W, 2.8 Ta, 0.010 C, balance Ni and incidental impurities. The bond coat composition for all specimens was the NiCrAlY material described above, having a nominal composition, in weight percent, of about 22% chromium, about 10% aluminum, about 1% yttrium, the balance nickel and incidental impurities. The HVOF and APS bond coat layers of this invention were deposited from powders having the preferred particle size distributions stated above, while the powder deposited by VPS had a particle size range of about 10 to about 90 μm . The HVOF process parameters included a hydrogen gas flow of about 45.31 m^3 per hour (1600 standard cubic feet per hour (scfh)), an oxygen gas flow of about 12.7 m^3 per hour (450 scfh) a nitrogen gas flow of about 22.7 m^3 per hour (800 scfh), and a carrier (nitrogen) gas flow of about 0.85 m^3 per hour (30 scfh). The APS process parameters included a nitrogen gas flow of about 3.54 m^3 per hour (125 scfh), a hydrogen gas flow of about 0.25 m^3 per hour (9 scfh), and a carrier (nitrogen) gas flow of about 0.57 m^3 per hour (20 scfh) (two injectors, 0.28 m^3 per hour (10 scfh) per injector). The HVOF and APS bond coat layers had thicknesses of about 200 and about 100 μm , respectively, while the VPS bond coats had thicknesses of about 300 μm . All specimens were heat treated at about 1080°C for a duration of about four hours in a vacuum after each deposition step. Following heat treatment, the bond coats of this invention were characterized by a surface roughness of about 11 to 15 μm (450 to 600 microinches) Ra and a density (APS layer) of about 98% of theoretical, while the VPS bond coats were characterized by a surface roughness of about 11 to 15 μm (450 to 600 microinches) Ra and a density of about 99% of theoretical.

[0025] Following deposition on all specimens of a thermal-insulating ceramic layer having a thickness of about 375 μm , furnace testing was performed. Some of the specimens were subjected to thermal cycle testing that consisted of 45 minute cycles at about 2000 F (about 1095°C) over a 20-hour period, by which spallation resistance of the ceramic layer was evidenced by the number of thermal cycles survived before spallation. A second test entailed subjecting specimens to 2000°F (1095°C) for 1000 hours, by which depletion of aluminum in the substrate was determined by post-test examination. The results of the furnace tests are summarized below.

Specimens	Cycles to 1000 hrs.	
	Spallation	@2000°F (1095°C)
HVOF/APS bond coat	65	6%
VPS bond coat	58	0

[0026] The above data evidence the superiority of the HVOF/APS bond coats produced by this invention over the prior art VPS bond coats in terms of spallation resistance. Post-test examination showed some depletion of the aluminum in the superalloy substrates protected by the HVOF/APS bond coats near the bond coat-substrate interface. While the superalloy substrates protected by the VPS bond coats did not exhibit aluminum depletion, the trade-off was a shorter thermal cycle fatigue life.

Claims

1. A method of depositing a bi-layer bond coat 16 of a thermal barrier coating system 14, the method comprising the steps of:

providing a superalloy substrate 12;

depositing a first bond coat layer 16a on the substrate 12 by an high velocity oxy-fuel technique using a first metallic powder of particles having a maximum size of 55 micrometers, the first bond coat layer 16a having a surface roughness of about 5 to 10 micrometers (200 to about 400 microinches) Ra;

prior to exposure to a high-temperature oxidizing environment, heat treating the first bond coat layer 16a in a vacuum or inert atmosphere to densify the first bond coat layer 16a and diffusion bond the particles of the first metallic powder;

depositing a second bond coat layer 16b on the first bond coat layer 16a by air plasma spraying a second metallic powder of particles having a size from about 35 to about 110 micrometers, the second bond coat layer 16b having a porosity of less than 5% and a surface roughness of about 11 to 19 micrometers (450 to about 750 microinches) Ra that is attributable to larger particles of the second metallic powder; and

prior to exposure to a high-temperature oxidizing environment, heat treating the first 16a and second bond coat 16b layers in a vacuum or inert atmosphere to diffusion bond the second bond coat layer 16b to the first bond coat layer 16a.

2. A method as recited in claim 1, wherein the first metallic powder is formed of an oxide scale-forming composition.

3. A method as recited in claim 1, wherein the second metallic powder is formed of an oxide scale-forming composition.

4. A method as recited in claim 1, wherein the first and second metallic powders are formed of oxide scale-forming metal compositions selected from the group consisting of aluminum-containing intermetallics, chromium-containing intermetallics; MCrAl, where M equals iron, nickel and/or cobalt, MCrAlY, where M equals iron, nickel and/or cobalt, and combinations thereof.

5. A method as recited in claim 1, wherein the first metallic powder has a particle size distribution of, in weight percent, about 19% particles from 44 to 55 μm , about 42% particles from 31 to 44 μm , about 31% particles from 22 to 31 μm , and about 5% particles from 16 to 22 μm , and wherein the second metallic powder has a particle size distribution of, in weight percent, about 5% particles from 75 to 90 μm , about 25% particles from 63 to 75 μm , about 50% particles from 53 to 63 μm , about 15% particles from 45 to 53 μm , and about 5% particles from 38 to 45 μm .

6. A method as recited in claim 1, further comprising the step of degreasing the first bond coat layer 16a prior to depositing the second bond coat layer 16b.

7. A method as recited in claim 1, wherein the step of heat treating the first bond coat layer 16a causes the first metallic powder to diffusion bond to the substrate 12.

8. A method as recited in claim 1, further comprising the step of depositing a thermal-insulating layer 18 on the second bond coat layer 16b.

9. A method as recited in claim 1, wherein the substrate 12 is formed of a nickel-base superalloy.

10. A method of depositing a thermal barrier coating system 14, the method comprising the steps of:

providing a nickel-base superalloy substrate 12;

depositing a first bond coat layer 16a on the substrate 12 by an HVOF technique using a first metallic powder of particles having a size of about 20 to about 55 micrometers, the first bond coat layer having a surface roughness of about 5 to 10 micrometers (200 to about 400 microinches) Ra;

EP 1 076 727 B1

prior to exposure to a high-temperature oxidizing environment, heat treating the first bond coat layer 16a in a vacuum or inert atmosphere to densify the first bond coat layer 16a, diffusion bond the particles of the first metallic powder, and diffusion bond the first metallic powder to the substrate 12;

5 depositing a second bond coat layer 16b on the first bond coat layer 16a by air plasma spraying a second metallic powder of particles having a size of from about 35 to about 110 micrometers, the second bond 16b coat layer having a porosity of less than 5% and a surface roughness of about 11 to 19 micrometers (450 to about 750 microinches) Ra that is attributable to larger particles of the second metallic powder;

10 prior to exposure to a high-temperature oxidizing environment, heat treating the first 16a and second bond coat 16b layers in a vacuum or inert atmosphere to diffusion bond the second bond coat layer 16b to the first bond coat layer 16a; and

15 depositing a thermal-insulating layer 18 on the second bond coat layer 16b by air plasma spraying.

11. A method as recited in claim 10, wherein the first metallic powder is formed of an oxide scale-forming composition.

12. A method as recited in claim 10, wherein the second metallic powder is formed of an oxide scale-forming composition.

20 13. A method as recited in claim 10, wherein the first and second metallic powders are formed of oxide scale-forming metal compositions selected from the group consisting of aluminum-containing intermetallics, chromium-containing intermetallics, MCrAl, MCrAlY, and combinations thereof.

25 14. A method as recited in claim 10, wherein the first and second metallic powders each have nominal compositions, in weight percent, of about 22% chromium, about 10% aluminum, about 1% yttrium, the balance nickel and incidental impurities.

30 15. A method as recited in claim 10, further comprising the step of degreasing the first bond coat layer 16a prior to depositing the second bond coat layer 16b.

35 16. A method as recited in claim 10, wherein the substrate 12 is formed of a nickel-base superalloy having a nominal composition, in weight percent, of 14 Cr, 9.5 Co, 3 Al, 4.9 Ti, 1.5 Mo, 3.8 W, 2.8 Ta, 0.010 C, balance Ni and incidental impurities.

17. A method of depositing a thermal barrier coating system 14, the method comprising the steps of:

providing a nickel-base superalloy substrate 12;

40 depositing a first bond coat layer 16a on the substrate 12 by an HVOF technique using a first metallic powder of particles having a size distribution of, in weight percent, about 19% particles from 44 to 55 μm , about 42% particles from 31 to 44 μm , about 31% particles from 22 to 31 μm , and about 5% particles from 16 to 22 μm , the first metallic powder being formed of an oxide scale-forming metal composition selected from the group consisting of aluminum-containing intermetallics, chromium-containing intermetallics, MCrAl, MCrAlY, and combinations thereof, the first bond coat layer 16a having a surface roughness of about 5 to 10 micrometers (200 to about 400 microinches) Ra;

45 prior to exposure to a high-temperature oxidizing environment, heat treating the first bond coat layer 16a in a vacuum or inert atmosphere at a temperature of about 950°C to about 1150°C for a duration of about one to about six hours to reduce the porosity of the first bond coat layer 16a to less than 1%, diffusion bond the particles of the first metallic powder, and diffusion bond the first metallic powder to the substrate 12;

50 degreasing the first bond coat layer 16a;

55 depositing a second bond coat layer 16b on the first bond coat layer 16a by air plasma spraying a second metallic powder of particles having a size distribution of, in weight percent, about 5% particles from 75 to 90 μm , about 25% particles from 63 to 75 μm , about 50% particles from 53 to 63 μm , about 15% particles from 45 to 53 μm , and about 5% particles from 38 to 45 μm , the second metallic powder being formed of an oxide

scale-forming metal composition selected from the group consisting of aluminum-containing intermetallics, chromium-containing intermetallics, MCrAl, MCrAlY, and combinations thereof, the second bond coat layer having a porosity of less than 5% and a surface roughness of about 11 to 19 micrometers (450 to about 750 microinches) Ra that is attributable to larger particles of the second metallic powder;

prior to exposure to a high-temperature oxidizing environment, heat treating the first 16a and second bond coat layers 16b in a vacuum or inert atmosphere at a temperature of about 950°C to about 1150°C for a duration of about one to about six hours to diffusion bond the second bond coat layer 16b to the first bond coat layer 16a; and

depositing a thermal-insulating layer 18 on the second bond coat layer 16b by air plasma spraying.

18. A bi-layer bond coat 16 formed by the method of claim 17 comprising:

a first bond coat layer 16a using a first metallic powder of particles having a maximum size of 55 micrometers, the first bond coat layer 16a having a surface roughness of about 5 to 10 micrometers (200 to about 400 microinches) Ra; and

a second bond coat layer 16b on the first bond coat layer 16a using a second metallic powder of particles having a size from about 35 to about 110 micrometers, the second bond coat layer 16b having a surface roughness of about 11 to 19 micrometers (450 to about 750 microinches) Ra,

wherein the second bond coat layer is deposited by air plasma spraying.

19. A bi-layer bond coat 16 as recited in claim 18 where the first metallic powder is an oxide scale-forming composition.

20. A bi-layer bond coat 16 as recited in claim 18 where the second metallic powder is an oxide scale-forming composition.

21. A bi-layer bond coat 16 as recited in claim 18 where the first and second metallic powders are formed of compositions selected from the group consisting of aluminum-containing intermetallics; chromium-containing intermetallics; MCrAl, where M equals iron, nickel and/or cobalt; MCrAlY, where M equals iron, nickel and/or cobalt; and mixtures thereof.

22. A bi-layer bond coat 16 as recited in claim 18 where the first metallic powder has a particle size distribution of, in weight percent, about 19% particles from 44 to 55 µm, about 42% particles from 31 to 44 µm, about 31% particles from 22 to 31 µm, and about 5% particles from 16 to about 22 µm and where the second metallic powder has a particle size distribution of, in weight percent, about 5% particles from 75 to 90 µm, about 25% particles from 63 to 75 µm, about 50% particles from 53 to 63 µm, about 15% particles from 45 to 53 µm, and about 5% particles from 38 to 45 µm.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Abscheidung einer zweischichtigen Haftbeschichtung 16 eines thermischen Barrierebeschichtungssystems 14, welches Verfahren die Schritte aufweist, dass man :

ein Superlegierungssubstrat 12 bereitstellt;

auf dem Substrat 12 mittels einer Hochgeschwindigkeit-Sauerstoff-Brennstoff-Technik eine erste Haftbeschichtungsschicht 16a, unter Verwendung eines ersten Metallpulvers aus Partikeln aufbringt, die eine maximale Größe von 55 Mikrometern haben, wobei die erste Haftbeschichtungsschicht 16a eine Oberflächenrauigkeit von etwa 5 bis 10 Mikrometern (200 bis etwa 400 Mikroinches) Ra hat;

die erste Haftbeschichtungsschicht 16a bevor man sie einer oxidierenden Hochtemperaturumgebung aussetzt, in einem Vakuum oder in inerter Atmosphäre wärmebehandelt, um die erste Haftbeschichtungsschicht 16a zu verdichten und zur Diffusionsverbindung der Partikel des ersten Metallpulvers;

eine zweite Haftbeschichtungsschicht 16b auf der ersten Haftbeschichtungsschicht 16a aufbringt, indem man

EP 1 076 727 B1

ein zweites Metallpulver aus Partikeln mittels Luftplasmaverfahren sprüht, welche eine Größe von etwa 35 bis etwa 110 Mikrometer aufweisen, wobei die zweite Haftbeschichtungsschicht 16b eine Porosität von weniger als 15 % und eine Oberflächenrauigkeit von etwa 11 bis 19 Mikrometern (450 bis etwa 750 Mikroiinches) Ra hat, welche den größeren Partikeln des zweiten Metallpulvers zugeschrieben werden kann; und

die erste und zweite Haftbeschichtungsschicht 16a, 16b in einem Vakuum oder unter inerter Atmosphäre zur Diffusionsverbindung der zweiten Haftbeschichtungsschicht 16b mit der ersten Haftbeschichtungsschicht 16a wärmebehandelt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Metallpulver aus einer oxidbelagbildenden Zusammensetzung geformt ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Metallpulver aus einer oxidbelagbildenden Zusammensetzung geformt ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten und zweiten Metallpulver aus oxidbelagbildenden Metallzusammensetzungen gebildet werden, die ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus Aluminium enthaltenden Intermetallverbindungen, Chrom enthaltenden Intermetallverbindungen, MCrAl, worin M Eisen, Nickel und/oder Kobalt entspricht, MCrAlY, worin M Eisen, Nickel und/oder Kobalt entspricht, und Mischungen daraus.
5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Metallpulver eine Partikelgrößenverteilung in Gewichtsprozent hat von etwa 19 % Partikel von 44 bis 55 µm, etwa 42 % Partikel von 31 bis 44 µm, etwa 31 % Partikel von 22 bis 31 µm und etwa 5 % Partikel von 16 bis 22 µm, und wobei das zweite Metallpulver eine Partikelgrößenverteilung in Gewichtsprozent hat von etwa 5 % Partikel von 75 bis 90 µm, etwa 25 % Partikel von 63 bis 75 µm, etwa 50 % Partikel von 53 bis 63 µm, etwa 15 % Partikel von 45 bis 53 µm und etwa 5 % Partikel von 38 bis 45 µm.
6. Verfahren nach Anspruch 1, welches weiterhin den Schritt umfasst, dass man die erste Haftbeschichtungsschicht 16a entfettet, bevor man die zweite Haftbeschichtungsschicht 16b aufbringt.
7. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schritt des Wärmebehandelns der erste Haftbeschichtungsschicht 16a die Diffusionsverbindung des ersten Metallpulvers mit dem Substrat 12 bewirkt.
8. Verfahren nach Anspruch 1, welches weiterhin den Schritt aufweist, dass man eine thermische Isolierschicht 18 auf der zweiten Haftbeschichtungsschicht 16b aufbringt.
9. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat 12 aus einer nickelbasierten Superlegierung gebildet wird.
10. Verfahren zum Aufbringen eines thermischen Barrierebeschichtungssystems 14, welches Verfahren die Schritte umfasst, dass man :

ein nickelbasiertes Superlegierungssubstrat 12 bereitstellt;

eine erste Haftbeschichtungsschicht 16a auf dem Substrat 12 mittels einer HVOF-Technik unter Verwendung eines ersten Metallpulvers aus Partikeln aufbringt, die eine Größe von etwa 20 bis etwa 55 Mikrometer haben, wobei die erste Haftbeschichtungsschicht eine Oberflächenrauigkeit von etwa 5 bis 10 Mikrometern (200 bis etwa 400 Mikroiinches) Ra hat;

die erste Haftbeschichtungsschicht 16a bevor man sie einer oxidierenden Hochtemperaturumgebung aussetzt, in einem Vakuum oder unter inerter Atmosphäre wärmebehandelt, um die erste Haftbeschichtungsschicht 16a zu verdichten, die Partikel des ersten Metallpulvers diffusionsverbindet, und das erste Metallpulver mit dem Substrat 12 diffusionsverbindet;

eine zweite Haftbeschichtungsschicht 16b auf der ersten Haftbeschichtungsschicht 16a abscheidet, indem man ein zweites Metallpulver aus Partikeln mittels Luftplasmaverfahren sprüht, welche eine Größe von etwa 35 bis etwa 110 Mikrometer haben, wobei die zweite Haftbeschichtungsschicht 16b eine Porosität von weniger

EP 1 076 727 B1

als 5 % und eine Oberflächenrauigkeit von etwa 11 bis 19 Mikrometern (450 bis etwa 750 Mikroiinches) Ra hat, welche den größeren Partikeln des zweiten Metallpulvers zugeschrieben werden kann;

die erste und zweite Haftbeschichtungsschicht 16a, 16b in einem Vakuum oder unter inerter Atmosphäre wärmebehandelt, bevor man sie einer oxidierenden Hochtemperaturumgebung aussetzt, um die zweite Haftbeschichtungsschicht 16b mit der ersten Haftbeschichtungsschicht 16a diffusionszuverbinden; und

eine thermische Isolierschicht 18 auf der zweiten Haftbeschichtungsschicht 16b mittels Luftplasmasprühen aufbringt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Metallpulver aus einer oxidbelagbildenden Zusammensetzung gebildet ist.

12. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Metallpulver aus einer oxidbelagbildenden Zusammensetzung gebildet ist.

13. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste und zweite Metallpulver aus oxidbelagbildenden Metallzusammensetzungen gebildet sind, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Aluminium enthaltenden Intermetallverbindungen, Chrom enthaltenden Intermetallverbindungen, MCrAl, MCrAlY, und Mischungen daraus.

14. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten und zweiten Metallpulver jeweils nominale Zusammensetzungen aufweisen in Gewichtsprozent von etwa 22 % Chrom, etwa 10 % Aluminium, etwa 1 % Yttrium, der Rest Nickel und zufällige Verunreinigungen.

15. Verfahren nach Anspruch 10, welches weiterhin den Schritt aufweist, dass man die erste Haftbeschichtungsschicht 16a entfettet, bevor man die zweite Haftbeschichtungsschicht 16b aufbringt.

16. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat 12 aus einer nickelbasierten Superlegierung gebildet wird, die eine nominale Zusammensetzung in Gewichtsprozent hat von 14 Cr, 9,5 Co, 3 Al, 4,9 Ti, 1,5 Mo, 3,8 W, 2,8 Ta, 0,010 C, Rest Nickel und zufällige Verunreinigungen.

17. Verfahren zum Aufbringen eines thermischen Barrierebeschichtungssystems 14, welches Verfahren die Schritte umfasst, dass man :

ein auf Nickel basiertes Superlegierungssubstrat 12 bereitstellt;

eine erste Haftbeschichtungsschicht 16a auf dem Substrat 12 durch eine HVOF-Technik unter Verwendung eines ersten Metallpulvers aus Partikeln aufbringt, die eine Größenverteilung in Gewichtsprozent haben von etwa 19 % Partikel von 44 bis 55 µm, etwa 42 % Partikel von 31 bis 44 µm, etwa 31 % Partikel von 22 bis 31 µm und etwa 5 % Partikel von 16 bis 22 µm, wobei das erste Metallpulver aus einer einen Oxidbelag bildenden Metallzusammensetzung gebildet wird, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Aluminium enthaltenden Intermetallverbindungen, Chrom enthaltenden Intermetallverbindungen, MCrAl, MCrAlY und Mischungen daraus, wobei die erste Haftbeschichtungsschicht 16a eine Oberflächenrauigkeit von etwa 5 bis 10 Mikrometern (200 bis etwa 400 Mikroiinches) Ra hat;

die erste Haftbeschichtungsschicht 16a in einem Vakuum oder unter inerter Atmosphäre bei einer Temperatur von etwa 950 ° C bis etwa 1150 ° C für eine Dauer von etwa 1 bis etwa 6 Stunden wärmebehandelt, um die Porosität der ersten Haftbeschichtungsschicht 16a auf weniger als 1 % zu verringern, bevor man sie einer oxidierenden Hochtemperaturumgebung aussetzt, die Partikel des ersten Metallpulvers mittels Diffusion verbindet, und das erste Metallpulver mit dem Substrat 12 mittels Diffusion verbindet;

die erste Haftbeschichtungsschicht 16a entfettet;

eine zweite Haftbeschichtungsschicht 16b auf der ersten Haftbeschichtungsschicht 16a mittels Luftplasmasprühens eines zweiten Metallpulvers aus Partikeln aufbringt, welche eine Größenverteilung aufweisen von etwa 5 % Partikel von 75 bis 90 µm, etwa 25 % Partikel von 63 bis 75 µm, etwa 50 % Partikel von 53 bis 63 µm, etwa 15 % Partikel von 45 bis 53 µm und etwa 5 % Partikel von 38 bis 45 µm, wobei das zweite Metallpulver

aus einer oxidbelagbildenden Metallzusammensetzung gebildet wird, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Aluminium enthaltenden Intermetallverbindungen, Chrom enthaltenden Intermetallverbindungen, MCrAl , MCrAlY und Mischungen daraus, wobei die zweite Haftbeschichtungsschicht eine Porosität von weniger als 5 % hat und eine Oberflächenrauigkeit von etwa 11 bis 19 Mikrometern (450 bis etwa 750 Mikroiinches) R_a , welche den größeren Partikel des zweiten Metallpulvers zugeschrieben werden kann;

bevor man sie einer oxidierenden Hochtemperaturumgebung aussetzt die erste und zweite Haftbeschichtungsschicht 16a, 16b in einem Vakuum oder unter inerter Atmosphäre bei einer Temperatur von etwa 950 ° C bis etwa 1150 ° C für eine Dauer von etwa 1 bis etwa 6 Stunden wärmebehandelt, um die zweite Haftbeschichtungsschicht 16b mit der ersten Haftbeschichtungsschicht 16a diffusionszuverbinden; und

eine thermische Isolierschicht 18 auf der zweiten Haftbeschichtungsschicht 16b durch Luftplasmasprühen aufbringt.

18. Eine zweilagige Haftbeschichtung 16 hergestellt nach dem Verfahren aus Anspruch 17 aufweisend:

eine erste Haftbeschichtungsschicht 16a, unter Verwendung eines ersten Metallpulvers aus Partikeln, die eine Maximumgröße von etwa 55 Mikrometer haben, wobei die erste Haftbeschichtungsschicht eine Oberflächenrauigkeit von etwa 5 bis 10 Mikrometern (200 bis etwa 400 Mikroiinches) R_a hat; und

eine zweite Haftbeschichtungsschicht 16b auf der ersten Haftbeschichtungsschicht 16a, unter Verwendung eines zweiten Metallpulvers aus Partikeln, welche eine Größe von etwa 35 bis etwa 110 Mikrometer haben, wobei die zweite Haftbeschichtungsschicht 16b eine Oberflächenrauigkeit von etwa 11 bis 19 Mikrometern (450 bis etwa 750 Mikroiinches) R_a hat, wobei die zweite Haftbeschichtungsschicht durch Plasmaluftsprühen abgeschieden ist.

19. Eine Haftbeschichtung 16 nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Metallpulver eine oxidbelagbildende Zusammensetzung ist.

20. Zweischichtige Haftbeschichtung 16 nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Metallpulver eine oxidbelagbildende Zusammensetzung ist.

21. Zweischichtige Haftbeschichtung 16 nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste und zweite Metallpulver aus Zusammensetzungen gebildet sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Aluminium enthaltenden Intermetallverbindungen; Chrom enthaltenden Intermetallverbindungen; MCrAl , worin M gleich Eisen, Nickel und/oder Kobalt ist, MCrAlY , worin M gleich Eisen, Nickel und/oder Kobalt ist, und Mischungen daraus.

22. Zweischichtige Haftbeschichtung 16 nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Metallpulver eine Partikelgrößenverteilung in Gewichtsprozent von etwa 19 % Partikel von 44 bis 55 μm hat, etwa 42 % Partikel von 31 bis 44 μm , etwa 31 % Partikel von 22 bis 31 μm und etwa 5 % Partikel von 16 bis 22 μm , und wobei das zweite Metallpulver eine Partikelgrößenverteilung in Gewichtsprozent hat von etwa 5 % Partikel von 75 bis 90 μm , etwa 25 % Partikel von 63 bis 75 μm , etwa 50 % Partikel von 53 bis 63 μm , etwa 15 % Partikel von 45 bis 53 μm und etwa 5 % Partikel von 38 bis 45 μm .

Revendications

1. Procédé de dépôt d'un revêtement de liaison 16 à deux couches d'un système de revêtement 14 constituant une barrière thermique, qui comprend les étapes consistant à :

prendre un support en superalliage 12,
déposer une première couche 16a de revêtement de liaison sur le support 12 par une technique « oxy-fuel » à grande vitesse, en utilisant une première poudre métallique dont les particules ont une taille maximale de 55 μm , la première couche 16a de revêtement de liaison présentant une rugosité de surface R_a d'environ 5 à environ 10 μm (200 à environ 400 micropouces),
soumettre la première couche 16a de revêtement de liaison, avant l'exposition à un environnement oxydant à haute température, à un traitement thermique dans le vide ou dans une atmosphère inerte, pour densifier la première couche 16a de revêtement de liaison et lier par diffusion les particules de la première poudre

métallique,

déposer une seconde couche 16b de revêtement de liaison sur la première couche 16a de revêtement de liaison, en pulvérisant par un procédé plasma-air une seconde poudre métallique dont les particules ont une taille allant d'environ 35 à environ 110 μm , la seconde couche 16b de revêtement de liaison ayant une porosité inférieure à 5 % et présentant une rugosité de surface Ra d'environ 11 à environ 19 μm (450 à environ 750 micropouces) qui est attribuable aux particules plus grosses de la seconde poudre métallique, et soumettre la première couche 16a et la seconde couche 16b de revêtement de liaison, avant l'exposition à un environnement oxydant à haute température, à un traitement thermique dans le vide ou dans une atmosphère inerte, pour lier par diffusion la seconde couche 16b de revêtement de liaison à la première couche 16a de revêtement de liaison.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la première poudre métallique est constituée d'une composition formant des écailles d'oxyde.

3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la seconde poudre métallique est constituée d'une composition formant des écailles d'oxyde.

4. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la première poudre métallique et la seconde poudre métallique sont constituées de compositions métalliques formant des écailles d'oxyde, choisies parmi les composés intermétalliques contenant de l'aluminium, les composés intermétalliques contenant du chrome, MCrAl où M représente le fer, le nickel et/ou le cobalt, MCrAlY où M représente le fer, le nickel et/ou le cobalt, et leurs combinaisons.

5. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la première poudre métallique est une poudre présentant la distribution suivante des tailles des particules, en pourcentages en poids : environ 19 % de particules ayant une taille de 44 à 55 μm , environ 42 % de particules ayant une taille de 31 à 44 μm , environ 31 % de particules ayant une taille de 22 à 31 μm , et environ 5 % de particules ayant une taille de 16 à 22 μm , et dans lequel la seconde poudre métallique est une poudre présentant la distribution suivante des tailles des particules, en pourcentages en poids : environ 5 % de particules ayant une taille de 75 à 90 μm , environ 25 % de particules ayant une taille de 63 à 75 μm , environ 50 % de particules ayant une taille de 53 à 63 μm , environ 15 % de particules ayant une taille de 45 à 53 μm , et environ 5 % de particules ayant une taille de 38 à 45 μm .

6. Procédé selon la revendication 1; qui comprend en outre une étape de dégraissage de la première couche 16a de revêtement de liaison avant le dépôt de la seconde couche 16b de revêtement de liaison.

7. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'étape de traitement thermique de la première couche 16a de revêtement de liaison provoque la liaison par diffusion de la première poudre métallique au support 12.

8. Procédé selon la revendication 1, qui comprend en outre une étape de dépôt d'une couche thermiquement isolante 18 sur la seconde couche 16b de revêtement de liaison.

9. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le support 12 est constitué d'un superalliage à base de nickel.

10. Procédé de dépôt d'un système de revêtement 14 constituant une barrière thermique, qui comprend les étapes consistant à :

prendre un support 12 en superalliage à base de nickel,
déposer une première couche 16a de revêtement de liaison sur le support 12 par une technique « oxy-fuel » à grande vitesse (dite HVOF), en utilisant une première poudre métallique dont les particules ont une taille d'environ 20 à environ 55 μm , la première couche 16a de revêtement de liaison présentant une rugosité de surface Ra d'environ 5 à environ 10 μm (200 à environ 400 micropouces),
soumettre la première couche 16a de revêtement de liaison, avant l'exposition à un environnement oxydant à haute température, à un traitement thermique dans le vide ou dans une atmosphère inerte, pour densifier la première couche 16a de revêtement de liaison, lier par diffusion les particules de la première poudre métallique, et lier par diffusion la première poudre métallique au support 12,
déposer une seconde couche 16b de revêtement de liaison sur la première couche 16a de revêtement de liaison en pulvérisant par un procédé plasma-air une seconde poudre métallique dont les particules ont une taille d'environ 35 à environ 110 μm , la seconde couche 16b de revêtement de liaison ayant une porosité inférieure à 5 % et présentant une rugosité de surface Ra d'environ 11 à environ 19 μm (450 à environ 750

micropouces) qui est attribuable aux particules plus grosses de la seconde poudre métallique, soumettre la première couche 16a et la seconde couche 16b de revêtement de liaison, avant l'exposition à un environnement oxydant à haute température, à un traitement thermique dans le vide ou dans une atmosphère inerte, pour lier par diffusion la seconde couche 16b de revêtement de liaison à la première couche 16a de revêtement de liaison, et
 5 déposer une couche thermiquement isolante 18 sur la seconde couche 16b de revêtement de liaison par pulvérisation par un procédé plasma-air.

11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel la première poudre métallique est constituée d'une composition formant des écailles d'oxyde.

12. Procédé selon la revendication 10, dans lequel la seconde poudre métallique est constituée d'une composition formant des écailles d'oxyde.

13. Procédé selon la revendication 10, dans lequel la première poudre métallique et la seconde poudre métallique sont constituées de compositions métalliques formant des écailles d'oxyde, choisies parmi les composés intermétalliques contenant de l'aluminium, les composés intermétalliques contenant du chrome, MCrAl, MCrAlY, et leurs combinaisons.

14. Procédé selon la revendication 10, dans lequel la première poudre métallique et la seconde poudre métallique sont des poudres ayant la composition nominale suivante, en pourcentages en poids : environ 22 % de chrome, environ 10 % d'aluminium, environ 1 % d'yttrium, le complément étant constitué de nickel et d'impuretés accidentelles.

15. Procédé selon la revendication 10, qui comprend en outre une étape de dégraissage de la première couche 16a de revêtement de liaison avant le dépôt de la seconde couche 16b de revêtement de liaison.

16. Procédé selon la revendication 10, dans lequel le support 12 est constitué d'un superalliage à base de nickel, ayant la composition nominale suivante, en pourcentages en poids : 14 % de Cr, 9,5 % de Co, 3 % de Al, 4,9 % de Ti, 1,5 % de Mo, 3,8 % de W, 2,8 % de Ta, 0,010 % de C, le complément étant constitué de Ni et d'impuretés accidentelles.

17. Procédé de dépôt d'un système de revêtement 14 constituant une barrière thermique, qui comprend les étapes consistant à :

prendre un support 12 en superalliage à base de nickel,
 déposer une première couche 16a de revêtement de liaison sur le support 12 par une technique HVOF, en utilisant une première poudre métallique ayant une distribution des tailles des particules comprenant, en pourcentages en poids, environ 19 % de particules ayant une taille de 44 à 55 µm, environ 42 % de particules ayant une taille de 31 à 44 µm, environ 31 % de particules ayant une taille de 22 à 31 µm, et environ 5 % de particules ayant une taille de 16 à 22 µm, la première poudre métallique étant constituée d'une composition métallique formant des écailles d'oxyde, choisie parmi les composés intermétalliques contenant de l'aluminium, les composés intermétalliques contenant du chrome, MCrAl, MCrAlY, et leurs combinaisons, et la première couche 16a de revêtement de liaison présentant une rugosité de surface Ra d'environ 5 à environ 10 µm (200 à 400 micropouces),
 soumettre la première couche 16a de revêtement de liaison, avant exposition à un environnement oxydant à haute température, à un traitement thermique dans le vide ou dans une atmosphère inerte, à une température d'environ 950 °C à environ 1150 °C, pendant une durée d'environ une à environ six heures, pour réduire la porosité de la première couche 16a de revêtement de liaison et l'amener à une valeur inférieure à 1 %, lier par diffusion les particules de la première poudre métallique, et lier par diffusion la première poudre métallique au support 12,
 dégraisser la première couche 16a de revêtement de liaison,
 déposer une seconde couche 16b de revêtement de liaison sur la première couche 16a de revêtement de liaison en pulvérisant par un procédé plasma-air une seconde poudre métallique ayant une distribution des tailles des particules comprenant, en pourcentages en poids, environ 5 % de particules ayant une taille de 75 à 90 µm, environ 25 % de particules ayant une taille de 63 à 75 µm, environ 50 % de particules ayant une taille de 53 à 63 µm, environ 15 % de particules ayant une taille de 45 à 53 µm, et environ 5 % de particules ayant une taille de 38 à 45 µm, la seconde poudre métallique étant constituée d'une composition métallique

EP 1 076 727 B1

formant des écailles d'oxyde, choisie parmi les composés intermétalliques contenant de l'aluminium, les composés intermétalliques contenant du chrome, MCrAl, MCrAlY, et leurs combinaisons, et la seconde couche 16b de revêtement de liaison ayant une porosité inférieure à 5 % et présentant une rugosité de surface Ra d'environ 11 à environ 19 μm (450 à environ 750 micropouces) qui est attribuable aux particules plus grosses de la seconde poudre métallique, soumettre la première couche 16a et la seconde couche 16b de revêtement de liaison, avant l'exposition à un environnement oxydant à haute température, à un traitement thermique dans le vide ou dans une atmosphère inerte, à une température d'environ 950 °C à environ 1150 °C, pendant une durée d'environ une à environ 6 heures, pour lier par diffusion la seconde couche 16b de revêtement de liaison à la première couche 16a de revêtement de liaison, et déposer une couche thermiquement isolante 18 sur la seconde couche 16b de revêtement de liaison par pulvérisation par un procédé plasma-air.

18. Revêtement de liaison 16 à deux couches, formé par le procédé selon la revendication 17, qui comprend :

une première couche 16a de revêtement de liaison, utilisant une première poudre métallique dont les particules ont une taille maximale de 55 μm , la première couche 16a de revêtement de liaison présentant une rugosité de surface Ra d'environ 5 à environ 10 μm (200 à environ 400 micropouces), et une seconde couche 16b de revêtement de liaison, déposée sur la première couche 16a de revêtement de liaison et utilisant une seconde poudre métallique dont les particules ont une taille d'environ 35 à environ 110 μm , la seconde couche 16b de revêtement de liaison présentant une rugosité de surface Ra d'environ 11 à environ 19 μm (450 à environ 750 micropouces) et étant déposée par pulvérisation par un procédé plasma-air.

19. Revêtement de liaison 16 à deux couches selon la revendication 18, pour lequel la première poudre métallique est constituée d'une composition formant des écailles d'oxyde.

20. Revêtement de liaison 16 à deux couches selon la revendication 18, pour lequel la seconde poudre métallique est constituée d'une composition formant des écailles d'oxyde.

21. Revêtement de liaison 16 à deux couches selon la revendication 18, pour lequel la première poudre métallique et la seconde poudre métallique sont constituées de compositions choisies parmi les composés intermétalliques contenant de l'aluminium, les composés intermétalliques contenant du chrome, MCrAl où M représente le fer, le nickel et/ou le cobalt, MCrAlY où M représente le fer, le nickel et/ou le cobalt, et leurs mélanges.

22. Revêtement de liaison 16 à deux couches selon la revendication 18, pour lequel la première poudre métallique est une poudre ayant une distribution des tailles des particules comprenant, en pourcentages en poids, environ 19 % de particules de 44 à 55 μm , environ 42 % de particules de 31 à 44 μm , environ 31 % de particules de 22 à 31 μm , et environ 5 % de particules de 16 à 22 μm , et pour lequel la seconde poudre métallique est une poudre ayant une distribution des tailles des particules comprenant, en pourcentages en poids, environ 5 % de particules de 75 à 90 μm , environ 25 % de particules de 63 à 75 μm , environ 50 % de particules de 53 à 63 μm , environ 15 % de particules de 45 à 53 μm , et environ 5 % de particules de 38 à 45 μm .

FIG. 1

